

MÜLLER · HOFFMANN & PARTNER

3/ 10/529707  
JC17 Rec'd PCT/PTO 29 MAR 2005

Attorney File: 56570

Applicant Reference: LTF-189-PCT/US

**LITEF GmbH  
Loerracher Str. 18  
79115 FREIBURG  
GERMANY**

---

**Priority: Germany (DE) September 30, 2002      No. 102 45 540.6**

---

PCT/EP 03 / 10328

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



16 OCT 2003

REC'D 11 FEB 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 45 540.6  
**Anmeldetag:** 30. September 2002  
**Anmelder/Inhaber:** LITEF GmbH, Freiburg im Breisgau/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz  
und multifunktionaler integriert-optischer Chip  
eines faseroptischen Gyroskops  
**IPC:** G 01 C 19/72

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 09. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Scholz

# MÜLLER · HOFFMANN & PARTNER - PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys - European Trademark Attorneys

Innere Wiener Strasse 17  
D-81667 München

Anwaltsakte: 53.931  
Anmelderzeichen: LTD-189-DE

Mü/kx  
28.07.2003

**LITEF GmbH**

Lörracherstr. 18

D-79115 Freiburg

---

**Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz und  
multifunktionaler integriert-optischer Chip eines  
faseroptischen Gyroskops**

---

### Beschreibung

1 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines  
faseroptischen Gyroskops (FOG) mit geschlossener Regelschleife, bei welchem  
das demodulierte Ausgangssignal des FOG-Detektors als Ist-Signal einerseits  
den Eingang eines FOG-Hauptreglers und andererseits über ein Austastfilter  
5 einen den Systemtakt des FOG bestimmenden VCO beaufschlagt, wobei das Aus-  
gangssignal des Hauptreglers als Modulationssignal einem in einem multifunk-  
tionalen optischen Chip (MIOC) ausgebildeten digitalen Phasenmodulator zuge-  
führt wird, und wobei zur Bestimmung und Regelung der exakten Arbeits-  
frequenz des FOG dem demodulierten, zum Austastfilter gelangenden Detek-  
10 torausgangssignal ein periodisches Zusatzmodulationssignal überlagert wird.  
Die Erfindung bezieht sich außerdem auf einen multifunktionalen integriert-  
optischen Chip (MIOC) für ein faseroptisches Gyroskop (FOG).

In DE 197 53 427 C1 ist ein digitaler Phasenmodulator, insbesondere für  
15 faseroptische Drehratensensoren mit geschlossener Regelschleife, beschrieben,  
bei dem zur Erhöhung der Auflösung ein niedersignifikanter Anteil eines von  
einem FOG-Hauptregler gelieferten binären Ansteuersignals über einen Digital/  
Analog-Wandler relativ niedriger Auflösung in ein Analogsignal gewandelt wird,  
das einer auf dem den digitalen Phasenmodulator enthaltenden integriert-opti-  
20 schen Chip separat vorgesehenen weiteren Elektrode zugeführt wird. Damit lässt  
sich die Auflösung von beispielsweise 8 auf ca. 10 Bit erhöhen. Die separate  
Elektrode oder gegebenenfalls ein separates Elektrodenpaar ist dem digitalen  
Phasenmodulator unmittelbar zugeordnet.

25 In der nicht vorveröffentlichten DE-Patentanmeldung 101 30 159.6 wird ein Ver-  
fahren zur Vermeidung von Bias-Fehlern aufgrund synchroner Einstreuung bei  
faseroptischen Gyroskopen mit geschlossener Regelschleife vorgeschlagen, bei  
dem vorgesehen ist, dem demodulierten Ausgangssignal des FOG-Detektors ein  
im Abtasttakt des FOG periodisches Signal in Form einer Zusatzmodulation am  
30 digitalen Phasenmodulator innerhalb eines multifunktionalen integrierten opti-  
schen Chips zu überlagern. Die im demodulierten Detektorsignal vorhandenen  
Reste dieser Zusatzmodulation werden detektiert und einem Hilfsregelkreis zu-  
geführt, welcher die Arbeitsfrequenz so nachregelt, dass die Zusatzmodulation  
möglichst zu Null wird.

1 Die Implementierung dieses bekannten Verfahrens, die zu einer erheblichen  
Erhöhung der Genauigkeit bei FOGs führt, hat jedoch in der Praxis durch die  
Verwendung eines gemischten Ansteuersignals am Phasenmodulator des MIOC  
zu praktischen Schwierigkeiten, insbesondere zu einem gewissen Zielkonflikt,  
5 geführt, wenn gleichzeitig versucht wird, die Auflösung des digitalen Phasenmo-  
dulators ohne Vergrößerung der Baulänge des MIOC anders zu lösen als in der  
oben genannten DE-Patentschrift beschrieben. Dies gilt insbesondere dann,  
wenn der Phasenmodulator zur Erhöhung der Auflösung mit nicht-binären An-  
steuersignalen betrieben werden soll.

10

Der Erfindung liegt damit die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zur Regelung der  
Arbeitsfrequenz eines FOG zu vereinfachen.

15

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Gattung gemäß  
der Erfindung dadurch gelöst, dass ein periodisches Zusatzsignal zur Frequenz-  
bestimmung bzw. Frequenzregelung des FOG als Analogsignal separaten im  
MIOC ausgebildeten Phasenkorrektur-Elektroden zugeführt wird.

20

Ein multifunktionaler integriert-optischer Chip (MIOC) für ein faseroptisches  
Gyroskop, in dem als mindestens eine Funktionsgruppe ein durch parallel zu  
einer Lichtführungsstrecke angeordnete Elektroden realisierter Phasenmodula-  
tor implementiert ist, eignet sich zur Realisierung des erfindungsgemäßen Ver-  
fahrens dadurch, dass gemäß der Erfindung zusätzlich zum Phasenmodulator  
ein parallel zur Lichtführungsstrecke angeordnetes Elektrodenpaar vorhanden  
25 ist zur Beaufschlagung eines Lichtstrahls auf der Lichtführungsstrecke mit  
einem periodischen Zusatzmodulationssignal zur Regelung der Arbeitsfrequenz  
des Gyroskops.

30

Eine optimierte Baugröße des integriert-optischen Chips lässt sich dann erzie-  
len, wenn das zusätzliche Elektrodenpaar zwischen dem digitalen Phasenmodu-  
lator und einem Strahlteiler innerhalb des Chip angeordnet ist.

35

Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten werden nachfolgend unter Bezug auf  
die Zeichnungen in beispielsweise Ausführungsform näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** ein schematisiertes Blockschaltbild der Architektur eines FOGs  
mit Darstellung der erfindungsgemäßen Arbeitsfrequenzregelung;

1 und

Fig. 2 in etwas vereinfachter Darstellung die Draufsicht auf einen multifunktionalen integriert-optischen Chip (MIOC) mit zusätzlichen Elektroden zur vorteilhaften Realisierung des erfindungsgemäßen Regelverfahrens.

Die optische Architektur eines faseroptischen Kreisels wird als grundsätzlich bekannt vorausgesetzt; sie ist daher in Fig. 1 nur als Block 100 dargestellt. Das vom Detektor 10 des FOG 100 gelieferte Messsignal, das die Drehrateninformation enthält, wird durch einen FOG-Demodulator 13 demoduliert und beaufschlagt, da es sich um einen faseroptischen Kresel mit geschlossener Regelschleife handelt, den Eingang eines FOG-Hauptreglers 14, der unter anderem ausgangsseitig ein vorzugsweise nicht-binäres  $U_{\pi}$ - bzw. Rückstellsignal an einen in einem multifunktionalen integriert-optischen Chip, d. h. einem MIOC 11, ausgebildeten digitalen Phasenmodulator 24 liefert, der in spiegelsymmetrischer Ausführung in grundsätzlich bekannter Weise die nach einer Strahlteilung 23 entstandenen und gegenläufig eine (nicht gezeigte) Messspule durchsetzende Lichtstrahlen auf zwei Lichtführungsstrecken L1, L2 beeinflusst (vgl. Fig. 2).

Außer dem FOG-Demodulator 13 und dem FOG-Hauptregler 14 ist eine Zusatzmodulationseinrichtung 15 vorhanden, deren periodisches Signal  $\phi E$  einerseits dem Modulationssignal vom FOG-Hauptregler überlagert wird und dann über ein Austastfilter 20 einen spannungssteuerbaren Oszillator VCO 12 steuert, der den Arbeitstakt des FOG-Kreiselsystems bestimmt. Erfindungsgemäß gelangt das Zusatzmodulationssignal  $\phi E$  auf einen im MIOC 11 ausgebildeten Analogteil, der - wie die Fig. 2 zeigt - durch ein zusätzliches vom digitalen Phasenmodulator unabhängiges Elektrodenpaar 25 realisiert ist. Auf die zusätzliche Elektrode, bzw. im dargestellten Beispiel der Fig. 2 das Elektrodenpaar 25, wird also das im Abtasttakt periodische Zusatzmodulationssignal  $\phi E$  mit kleiner Amplitude gegeben und erzeugt typischerweise - jedoch in keiner Weise einschränkend - eine maximale Phasenverschiebung von  $\pi/32$ . Diese Phasenverschiebung ist ausreichend, um nach der Demodulation ein Signal zu erzeugen, welches über das Austastfilter 20 den VCO 12 so steuert, dass die gewünschte Arbeitsfrequenz des FOG-Systems exakt eingehalten wird. Abweichend von der in der nicht vorveröffentlichten DE-Patentanmeldung 101 30 159.6 beschriebenen Lösung wird das periodische Zusatzmodulationssignal  $\phi E$  zur Bestimmung der Kreiselfrequenz nicht dem digitalen MIOC-Modulationssignal hinzuaddiert, sondern wird direkt

- 1 auf die zusätzliche Analogelektrode bzw. das Elektrodenpaar 25, also auf den Analogteil 22 des MIOCs 11 gegeben.

Der besondere Vorteil der Erfindung ist, dass das Zusatzmodulationssignal  $\phi E$   
5 nicht digital umgesetzt werden muss, und eine Addition von Modulationssignal und Zusatzmodulation entfällt.

10

15

20

25

30

35

**Patentansprüche**

- 1 1. Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines faseroptischen Gyro-  
skops (FOG) mit geschlossener Regelschleife, bei welchem das demodulierte Aus-  
gangssignal des FOG-Detektors als Ist-Signal einerseits den Eingang eines FOG-  
Hauptreglers und andererseits über ein Austastfilter einen den Systemtakt des  
5 FOG bestimmenden VCO beaufschlagt, wobei das Ausgangssignal des  
Hauptreglers als Modulationssignal einem in einem multifunktionalen integriert-  
optischen Chip (MIOC) ausgebildeten digitalen Phasenmodulator zugeführt wird,  
und wobei zur Bestimmung und Regelung der exakten Arbeitsfrequenz des FOG  
dem demodulierten, zum Austastfilter gelangenden Detektorausgangssignal ein  
10 periodisches Zusatzmodulationssignal überlagert wird, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass das Zusatzmodulationssignal als Analogsignal separaten im MIOC  
ausgebildeten Phasen-Korrektur Elektroden zugeführt wird.
- 15 2. Multifunktionaler integriert-optischer Chip (MIOC 11) für ein  
faseroptisches Gyroskop (FOG 100), in dem als mindestens eine Funktions-  
gruppe ein durch parallel zu einer Lichtführungsstrecke angeordnete Elektroden  
realisierter Phasenmodulator (21) implementiert ist, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass zusätzlich zum Phasenmodulator ein parallel zur Lichtführungsstrecke  
angeordnetes Elektrodenpaar (25) vorhanden ist zur Beaufschlagung eines  
20 Lichtstrahls auf der Lichtführungsstrecke mit einem periodischen Zusatzmodu-  
lationssignal ( $\phi E$ ) zur Regelung der Arbeitsfrequenz des Gyroskops.
- 25 3. Integriert-optischer Chip nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass das zusätzliche Elektrodenpaar zwischen dem Phasenmodulator und einem  
Strahlteiler (23) angeordnet ist.



**Zusammenfassung****Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz und multifunktionaler integriert-optischer Chip eines faseroptischen Gyroskops**

Bei dem Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines faseroptischen Gyroskops (FOG 100) mit geschlossener Regelschleife, bei welchem das demodulierte Ausgangssignal des FOG-Detektors (10) als Ist-Signal einerseits den Eingang eines FOG-Hauptreglers (14) und andererseits über ein Austastfilter (20) einen den Systemtakt des FOG bestimmenden VCO (12) beaufschlagt, ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Zusatzmodulationssignal als Analogsignal ( $\phi E$ ) separaten Phasen-Korrektur Elektroden zuzuführen, die zusammen mit den Elektroden eines digitalen Phasenmodulators in einem integriert-optischen Chip (MIOC 11) ausgebildet sind. Durch das erfindungsgemäße Verfahren und die besondere Gestaltung des MIOC (11) lässt sich die Arbeitsfrequenz des FOG exakt regeln.

(Fig. 1)

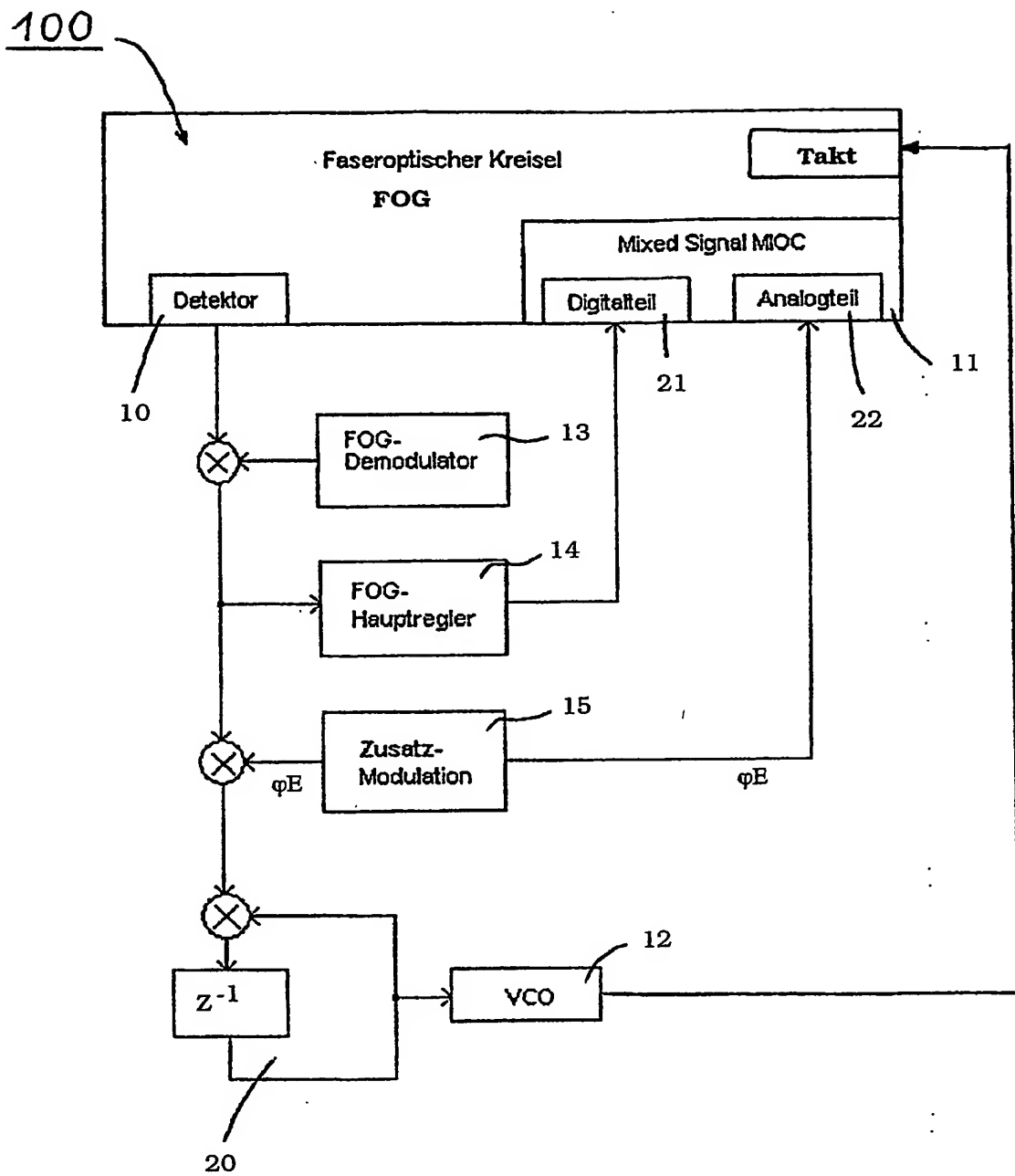


Fig. 1

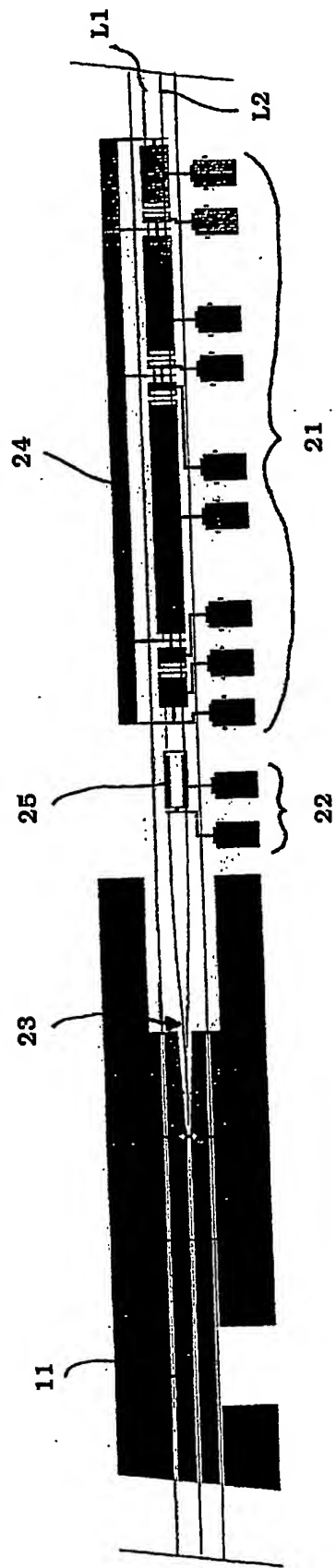


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**